Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Über die Bestimmbarkeit der Gesteinsgemengtheile, besonders der Plagioklase auf Grund ihres Lichtbrechungsvermögens

von

F. Becke,

c. M. k. Akad.

(Mit 1 photogr. Tafel und 3 Textfiguren.)

Während die Erscheinungen der Doppelbrechung und Polarisation in den petrographischen Lehr- und Handbüchern eine eingehende Darstellung erfahren und zur Bestimmung der Gesteinsgemengtheile in Dünnschliffen die ausgedehnteste Verwendung finden, sind die Unterschiede der Brechungsexponenten verschiedener Minerale bisher nur wenig ausgenützt worden. Man begnügt sich meist die bekannte Erscheinung des »Reliefs« der »rauhen Schlifffläche« der »grellen Beleuchtung« zur Erkennung jener Minerale zu verwenden, deren Brechungsexponent den des Canadabalsams merklich übertrifft. Michel-Lévy und A. Lacroix[1] haben nach der Intensität dieser Erscheinungen, welche auf der Ablenkung der Lichtstrahlen an der Unter- und Oberseite des Durchschnittes beim Übergang aus dem Balsam in das Mineral und umgekehrt beruhen, die Gemengtheile in sieben Abtheilungen gebracht, deren Grenzen natürlich unbestimmt und mehr Sache einer rein subjectiven Abschätzung als eines wirklichen Vergleichs sind.

In den Handbüchern der allgemeinen Mikroskopie[2] sind zwar die Erscheinungen, die durch Lichtbrechungsunterschiede

[1] Tableaux des Minéraux des Roches. Paris 1889.

[2] Die ausführlichsten und zutreffendsten Angaben findet man in Nägeli und Schwendener, das Mikroskop, 1867, S. 184—216.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

an den Objecten zustande kommen, meist etwas ausführlicher abgehandelt, doch werden meist nur die Erscheinungen an kugeligen und cylindrischen Körpern (Luftblasen, Öltropfen in Wasser, Röhren etc.) in Betracht gezogen, während gerade derjenige Fall, der in den Dünnschliffen der Gesteine am häufigsten vorkommt, gewöhnlich nicht berücksichtigt wird, so dass man auch aus derlei Werken nur wenig Belehrung gewinnen kann.

Dieser Zustand mag es rechtfertigen, wenn im Folgenden versucht wird, die Beleuchtungsverhältnisse, die an den Grenzen verschieden stark lichtbrechender Mineraldurchschnitte bei mikroskopischer Betrachtung der Dünnschliffe auftreten etwas eingehender zu erörtern.

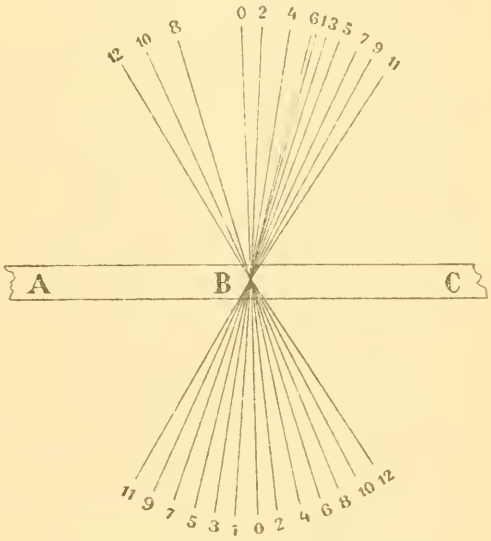


Fig. 1.

Wo in einem Dünnschliff zwei verschieden stark lichtbrechende Durchschnitte aneinander stossen, treten bestimmte Ablenkungen der die Grenze durchsetzenden Lichtstrahlen ein, worauf die Sichtbarkeit der Grenze beruht. Zur Vereinfachung wollen wir vorläufig annehmen, dass diese Grenze parallel der optischen Axe des Instrumentes verlaufe, und dass die beiden Durchschnitte einfachbrechend seien. Wir sehen ferner vorläufig ab von der Ablenkung, welche die Strahlen an der Ober- und Unterseite des Dünnschliffs beim Übergang vom Balsam ins Mineral und umgekehrt erfahren.

Es sei in beistehender Figur 1 *AB* ein schwächer lichtbrechender, *BC* ein stärker lichtbrechender Durchschnitt, die bei *B* mit verticaler Grenze aneinanderstossen. Wir berücksichtigen, dass auf jeden Punkt der Platte die Lichtstrahlen unter verschiedenen Winkeln auffallen, so dass sie den sogenannten Beleuchtungskegel erfüllen, dessen Öffnungswinkel durch die Grösse der zur Verfügung stehenden lichtspendenden Fläche bedingt wird, und betrachten ein solches Strahlenbündel,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

welches auf einen Punkt der Trennungsebene bei *B* auffällt. Die Strahlen 0—11, welche die Trennungsebene von der Seite des schwächer lichtbrechenden Minerales treffen, werden alle zum Lothe gebrochen und werden die stärker lichtbrechende Platte in der aus der Zeichnung[1] ersichtlichen Weise als ein dichtgedrängtes Lichtbündel verlassen. Von den Strahlen, welche die Trennungsebene von der Seite des stärker lichtbrechenden Minerales treffen, werden alle, die unter dem Grenzwinkel der Totalreflexion auftreffen, total reflectirt, in unserem Falle 2, 4, 6; 6 bezeichnet die Grenze der Totalreflexion. Die übrigen 8, 10, 12 werden vom Lothe abgelenkt und die in der Figur angedeuteten Wege einnehmen.

Die von unten gleichmässig auffallenden Lichtstrahlen verlassen also die Platte in solchen Richtungen, dass auf der Seite des stärker lichtbrechenden Durchschnittes eine Anhäufung der Strahlen eintritt; ausserdem ist auch die Intensität der totalreflectirten Strahlen 0—6 auf der Seite des stärker lichtbrechenden Durchschnittes an und für sich grösser als die der vom Loth gebrochenen Strahlen auf der anderen Seite von *B*.

Stellt man den Tubus hoch ein, so dass die Oberseite der Platte *ABC* in die Einstellungsebene des Objectivs gelangt, so scheint das der Strahlenanhäufung entsprechende intensive Licht von den der Grenze benachbarten Theilen des stärker lichtbrechenden Durchschnittes *BC* zu kommen. Bei tiefer Einstellung dagegen von den Grenzpartien des schwächer lichtbrechenden Durchschnittes *AB*.

Die Erscheinung ist also folgende: Bei mittlerer Einstellung erscheinen beide Durchschnitte gleich hell und die Grenzebene als eine haarscharfe Linie. Hebt man den Tubus, so entwickelt sich neben der Grenze auf der stärker brechenden Seite eine helle Linie, welche sich bei weiterer Hebung des Tubus von der Grenze zu entfernen scheint, sich verbreitert und schliesslich verschwimmt. Senkt man den Tubus, so entwickelt sich dieselbe

---

[1] Die Zeichnung wurde nach der Construction von Snellius angefertigt, deren Kenntniss ich dem Leitfaden der Physik für Studirende von E. Mach, Prag 1891 verdanke; die Construction gründet sich auf die Annahme $\frac{n_1}{n_2} = \frac{100}{104}$.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Erscheinung auf der Seite des schwächer lichtbrechenden Minerales.

Wenn sich verschieden lichtbrechende Mineraldurchschnitte gegenseitig umschliessen, so bewirkt die helle Erleuchtung der Grenzlinien eine optische Täuschung: man glaubt bei Hochstellung des Tubus die ganze Fläche des stärker lichtbrechenden Durchschnitts heller erleuchtet zu sehen; die Unterschiede verschwinden, sobald die Grenze verdeckt wird.

Aus der Figur 1 ist zu entnehmen, dass Einengen des Beleuchtungskegels bis zum Grenzwinkel der Totalreflexion die Beleuchtungsgegensätze steigert. Noch weiteres Einengen würde die Erscheinung nicht deutlicher machen. Hieraus folgt, dass der Beleuchtungskegel um so stärker eingeengt werden muss, je kleiner die zu beobachtenden Unterschiede der Lichtbrechung sind. Ein weit geöffneter Beleuchtungskegel würde die Lichtunterschiede verwischen; die einseitige Verstärkung des Lichtes wird dann zu gering, um noch sichtbar zu bleiben. Die Mikroskope für mineralogische und petrographische Untersuchungen tragen häufig über dem Polarisator eine Convexlinse; die Wirkung derselben ist, den Beleuchtungskegel zu erweitern, und die Wahrnehmbarkeit der Lichtbrechungsunterschiede zu verringern. Ich glaube es diesem Umstande zuschreiben zu müssen, dass bisher so wenig von dieser Beobachtungsmethode Gebrauch gemacht wurde.

Um eine zweckmässige Abstufung des Beleuchtungskegels zu erzielen, bewährt sich vortrefflich die von Fuess an seinen neueren Instrumenten unter dem Polarisator angebrachte Irisblende. An den Reichert'schen Instrumenten kann derselbe Zweck durch Heben oder Senken des Polarisators erreicht werden, nachdem eine passende Blende auf denselben gesetzt wurde.

Es ist auch ersichtlich, dass Objective mit kleiner Apertur und grossem Focalabstand die erwähnten Erscheinungen nicht so deutlich zeigen können als stärkere Systeme. Je kleiner die Apertur des Objectivs, desto stärker muss der Beleuchtungskegel eingeengt werden.

Es ist ferner aus der Construction leicht zu entnehmen, dass die beschriebenen Erscheinungen umso klarer auftreten

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

werden, je dünner das Blättchen ist. Jeder Punkt der verticalen Grenzebene kann als Ausgangspunkt eines unsymmetrischen Strahlenbüschels angesehen werden. Wenn viele solche Punkte in beträchtlich verschiedener Höhe übereinander liegen, wird die Tubusverschiebung, die aus der Hochstellung in die Tiefstellung hinüberführt, eine beträchtliche sein und der Übergang der Beleuchtungsarten sich allmälig vollziehen. Je dünner das Blättchen, desto geringer ist die erforderliche Tubusverschiebung und desto rascher erfolgt der Umschlag der Beleuchtung.

Eine beträchtliche Abweichung der Grenze *B* von der optischen Axe des Instrumentes würde weniger stören, wenn das schwächer lichtbrechende Mineral auf der Oberseite übergreift. Im anderen Falle, beim Übergreifen des stärker lichtbrechenden Durchschnittes könnte die Störung empfindlich werden und sogar die grössere Intensität des Lichtes nach der Seite des schwächer lichtbrechenden Durchschnittes verlegen.[1] Diese Gefahr wird umso grösser, je geringer der Unterschied der Brechungsexponenten. Solche Stellen, die sich durch mangelnde Schärfe der Grenze und seitliche Verschiebung des Bildes derselben bei der Tubusverschiebung erkennen geben, wird man daher zweckmässig vermeiden.

Unbedingtes Erforderniss für die Sichtbarkeit der Erscheinung ist ferner die vollkommene Reinheit der Grenze. Fremde Mineralkörper, Zersetzungsproducte an der Trennungsfuge, Glashäutchen zwischen den Durchschnitten, auf der Trennungsfuge eingedrungener Canadabalsam verhüllen die Erscheinung gänzlich.

Bisher wurde auf die Ablenkung der Lichtstrahlen an der Ober- und Unterweite des Dünnschliffes beim Übergang aus dem oder in das einschliessende Medium (Canadabalsam) keine Rücksicht genommen. Ist dessen Brechungsexponent annähernd gleich dem der zu prüfenden Durchschnitte, so darf dies als das günstigste Verhältniss bezeichnet werden. Der Fall, dass das einschliessende Medium einen merklich höheren Brechungs-

[1] Man kann sich die in diesen Fällen auftretenden Beleuchtungsverhältnisse leicht klar machen, wenn man in Fig. 1 das nach Bedarf rechts oder links erweiterte Strahlenbüschel und die Grenze bei *B* fix denkt und die Platte *AC* in Gedanken um *B* rotiren lässt.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

exponenten besitzt, würde die Beobachtung nicht beeinträchtigen; er wird aber nur selten vorkommen. Dagegen ist ein beträchtlich niederer Brechungsexponent des einschliessenden Mediums nicht vortheilhaft. Das Strahlenbündel oberhalb *B* wird durch Brechung vom Loth stark zerstreut und die Beleuchtungsunterschiede minder deutlich. Während demnach der Unterschied von Quarz und Orthoklas im gewöhnlichen harten Balsam sehr deutlich erkannt wird, ist die Beobachtung bereits schwerer in den dünnen Lösungen von Balsam in Äther und Chloroform, die bisweilen zum Einschliessen der Dünnschliffe verwendet werden. Aus demselben Grunde sind auch die Unterschiede stark lichtbrechender Minerale im harten Balsam nicht so klar zu erfassen. Dagegen konnte beispielsweise der Unterschied von Augit und Granat bei Anwendung von Methylenjodid als Einschlussmedium sehr gut erkannt werden.

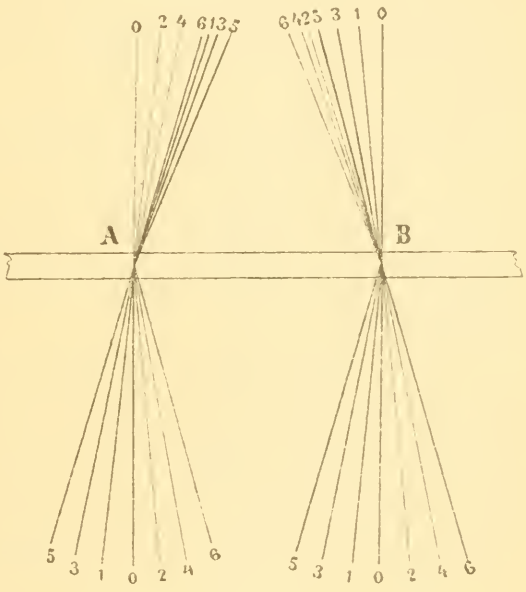


Fig. 2.

Die Unterschiede der Lichtbrechung können noch sinnfälliger zur Beobachtung gebracht werden, wenn man sich der schiefen Beleuchtung oder der Beobachtung nach der Schlierenmethode bedient. Um die hier auftretenden Beleuchtungseffecte zu verstehen, denken wir uns einen Durchschnitt *AB* eines stärker lichtbrechenden Minerals, umschlossen von einem schwächer lichtbrechenden (siehe Fig. 2). Die Platte werde mit engem Beleuchtungskegel erleuchtet, dessen Öffnung dem Winkel der Totalreflexion beim Übergang vom stärker zum schwächer lichtbrechenden Mineral entspricht. Wir verzeichnen den Gang der Lichtstrahlen in zwei Strahlenbüscheln, welche auf zwei Stellen der Grenzflächen *A* und *B* auffallen. Denkt man sich nun die eine Hälfte des Beleuchtungskegels 0—6 entfernt, so gehen die Lichtstrahlen nach dem Durchgang durch die

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Platte so, wie es die stark ausgezogenen Linien andeuten. Es werden somit von der dem Licht abgewendeten Seite des stärker lichtbrechenden Durchschnittes infolge der Totalreflexion mehr Lichtstrahlen in das Objectiv gelangen als von der dem Lichte zugewendeten. Da das Mikroskop das Bild umkehrt, sieht man jene Seite des stärker lichtbrechenden Durchschnittes, welche dem schief einfallenden Lichte zugekehrt scheint, hell beleuchtet, die gegenüberliegende beschattet. Hält man die Richtung des einfallenden Lichtes fest, so scheint sich der stärker lichtbrechende Durchschnitt plastisch von der schwächer lichtbrechenden Umgebung abzuheben; umgekehrt erscheinen schwächer lichtbrechende Durchschnitte wie Löcher im Präparat.

Diese Erscheinung wird umso leichter beobachtet, je geringer die Apertur des Objectivs ist, da hier der Unterschied in der Beleuchtung hauptsächlich von den totalreflectirten Strahlen herrührt, die einen kleinen Winkel mit der Axe des Mikroskops einschliessen.

Die schiefe Beleuchtung kann an den Instrumenten von Fuess leicht durch seitliche Verschiebung der Irisblende erzeugt werden; selbstverständlich kann auch der Abbe'sche Beleuchtungsapparat hiezu dienen, doch ist dessen Anwendung nicht bei allen Mikroskopen mit polarisirtem Licht combinirbar.

Denselben Effect wie die schiefe Beleuchtung hat auch die Abblendung der Randstrahlen gemäss dem Principe von Toepler's Schlierenbeobachtung, wie sie beispielsweise das Mikrorefractometer von S. Exner gestattet.[1]

Welcher von diesen Beobachtungsmethoden man den Vorzug einräumen will, wird wohl Sache der subjectiven Wahl bleiben. Ich wende häufig alle an, um eine gegenseitige Controle zu haben.

Die Unterschiede, die sich mittelst dieser Beobachtungsmethoden noch wahrnehmen lassen, sind in der That sehr klein. Wenn beispielsweise zwei Quarzdurchschnitte mit annähernd unter 90° gekreuzten Hauptaxen verwachsen sind, so

[1] S. Exner. »Ein Mikrorefractometer«. Archiv für mikroskopische Anatomie, 25, 1885, S. 97.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

kann man leicht den Durchschnitt, welchen das polarisirte Licht als ausserordentlicher Strahl durchsetzt ($\varepsilon = 1 \cdot 553$), von dem anderen unterscheiden, dessen Schwingungsrichtung dem ordentlichen Strahl entspricht ($\omega = 1 \cdot 544$); der erstere erscheint deutlich stärker lichtbrechend. Nach einer Drehung um 90° kehrt sich das Verhältniss um. Eine Differenz von 0·009 im Brechungsexponenten ist mit grösster Leichtigkeit wahrnehmbar.

Unter günstigen Umständen sind aber noch viel kleinere Unterschiede zu erkennen.

Leucitdurchschnitte in einem Dünnschliff des Leucitophyrs von Rieden enthalten in der doppelbrechenden Hauptmasse schmale Zwillingslamellen. Die Auslöschungsrichtungen sind in Schnitten annähernd nach (100) parallel, aber die Elasticitätsaxen gekreuzt.

Wurde der Durchschnitt derart in die Auslöschungsstellung gebracht, dass die Schwingungsrichtung des Polarisators mit a der Hauptmasse (c der Lamellen) übereinstimmte, so erschienen bei Beobachtung mit centraler Beleuchtung und stark eingeengtem Beleuchtungskegel die Lamellen bei Hoch- (Tief-)stellung deutlich heller (dunkler) als die Umgebung. Das Umgekehrte fand statt, als das Präparat um 90° gedreht wurde. Der Unterschied der Brechungsexponenten, der so zur Wahrnehmung gelangte, betrug kaum mehr als 0·001. Die Beobachtung wurde mit einem Mikroskop II von Fuess mit Objectiv 7, Ocular 2, unter Anwendung der Irisblende unter dem Polarisator gemacht.

Die Fälle, in denen man sich der Unterschiede der Brechungsexponenten mit Vortheil zur Diagnose der Gesteinsgemengtheile bedienen kann, sind zahlreich. Es ist überflüssig, diese Fälle aufzuzählen. Ein Blick in die Tabellen der Gesteinsgemengtheile von H. Rosenbusch oder von Michel-Lévy und A. Lacroix gibt hierüber Aufschluss. Aus den früher erörterten Bedingungen für die Wahrnehmung der Lichtbrechungsunterschiede ergibt sich, dass diese Methode nur bei holokrystallinen Gesteinen, vor allem also bei den körnigen Massengesteinen und den krystallinen Schiefern angewendet werden kann.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Weitaus die wichtigste Anwendung findet die Methode bei der Unterscheidung der verschiedenen Feldspatharten. Zunächst ist zu bemerken, dass Orthoklas und Mikroklin durchwegs niedrigere Brechungsexponenten hat, als sämmtliche Plagioklase und der Quarz. Der Kalifeldspath erscheint daher in allen Durchschnitten schwächer lichtbrechend als die übrigen genannten Minerale. Bei einiger Übung kann man in einem Dünnschliff, der Quarz, Plagioklas und Orthoklas gemengt enthält, nicht nur das Vorhandensein des Orthoklases (Mikroklins) erkennen, sondern mit einem Blick seine Menge und Vertheilung übersehen. Diese Diagnose auf Orthoklas lässt sich sehr zweckmässig mit der Färbung der Feldspathe nach vorausgegangener Ätzung mit Flusssäure combiniren. Ätzt man mit mässig verdünnter Säure, so dass der Orthoklas nicht merklich angegriffen wird, so lassen sich unter den dann farblos bleibenden Körnern der stärker lichtbrechende Quarz und der schwächer lichtbrechende Orthoklas leicht unterscheiden. Dies gelingt noch in feinkörnigen Grundmassen von Granitporphyren und ähnlichen Gesteinen, selbst wenn die einzelnen Körner nur wenige Hundertel Millimeter messen.

Besonders vortheilhaft ist die Anwendung dieser Untersuchungsmethode zur Unterscheidung der verschiedenen Glieder der Plagioklasreihe, wenn diese mit Quarz verwachsen vorkommen. Da der mittlere Brechungsexponent von Quarz 1·547, der von Albit 1·535, Oligoklas 1·543, Andesin 1·553, Labradorit 1·558 ist, so ergibt sich zunächst die Möglichkeit, Albit und Oligoklas einerseits, Andesin und Labradorit anderseits zu unterscheiden. Erstere werden schwächer, letztere stärker lichtbrechend erscheinen als der Quarz. Die Unterscheidung lässt sich aber noch viel exacter gestalten, wenn man die Verschiedenheit der Brechungsexponenten in Folge der Doppelbrechung berücksichtigt.

Die in neuerer Zeit von französischen Forschern an Plagioklasen vorgenommenen Bestimmungen der Brechungsexponenten lassen erkennen, dass diese gesetzmässig mit dem Gehalt an An-Substanz zunehmen. Die vorhandenen Bestimmungen genügen, um die Änderungen durch eine Curve darzustellen, deren Abscissen den Gehalt an An-Substanz in Mole-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

cularprocenten, deren Ordinaten die Brechungsexponenten angeben.

In Fig. 3 sind diese Curven für α, β und γ verzeichnet. Zu ihrer Construction wurden folgende Angaben über die Brechungsquotienten trikliner Feldspathe verwendet:

	γ	β	α	Zusammensetzung
Albit, Naresti[1]	1·540	1·534	1·532	Ab
Oligoklas, Bakersville[2]	1·547	1·543	1·539	Ab_4An_1
Labradorit, Labrador[1]	1·562	1·557	1·554	Ab_1An_1
Anorthit, St. Clément[3]	1·586	1·581	1·574	An.

Ausserdem sind in der Figur die Brechungsexponenten von Quarz $\omega = 1{\cdot}54418$, $\varepsilon = 1{\cdot}55328$ eingetragen, die als der Abscissenaxe parallele Linien erscheinen, ferner sind am linken Rande zum Vergleich die Ordinaten $\alpha = 1{\cdot}5190$, $\beta = 1{\cdot}5237$, $\gamma = 1{\cdot}5260$ von Orthoklas verzeichnet. Der Nullpunkt der Ordinaten liegt 15 *cm* tiefer als die Abscissenaxe.

Um die aus der Figur ersichtlichen Beziehungen für die Bestimmung zu verwerthen, ist noch erforderlich, sich klar zu machen, dass jeder beliebige Durchschnitt eines Plagioklaskrystalls in seinen zwei Hauptschwingungsrichtungen zwei verschiedenen Brechungsexponenten entspricht, von denen keiner mit α, β oder γ übereinzustimmen braucht. Nothwendig muss aber der kleinere (wir wollen ihn mit α' bezeichnen) zwischen α und β, der grössere (er heisse γ') zwischen β und γ liegen.

Beim Quarz liegt die Sache insofern noch günstiger, als der kleinere Brechungsexponent stets gleich ω ist, während der grössere zwischen ω und ε liegt. Wählt man indessen zum Vergleich immer nur die stark doppelbrechenden Durchschnitte aus, so wird der Brechungsexponent des ausserordentlichen Strahles sich nicht viel von ε unterscheiden. Immerhin wird

[1] M. Lévy et A. Lacroix, Les minéraux des roches, p. 204, 210. Die Angaben für Oligoklas von Bamle und Andesin von Roche Sauve sind nicht verwendbar, da deren Zusammensetzung unbekannt ist.

[2] Offret. Bull. Soc. franç. de min. 1890, XIII, p. 648.

[3] M. Lévy et A. Lacroix, Comptes rendus, 1890, *III*, p. 846.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

man dem Vergleich mit ω einen höheren Grad der Zuverlässigkeit beizulegen haben. Die Unsicherheit bezüglich ε bedingt eine constante Fehlerquelle, welche dahin wirkt, dass man die Höhe des Brechungsexponenten, der mit ε verglichen wird, eher über- als unterschätzt.

Um den Vergleich auszuführen wird man zunächst solche Stellen aufsuchen, wo Plagioklas und Quarz parallel oder doch

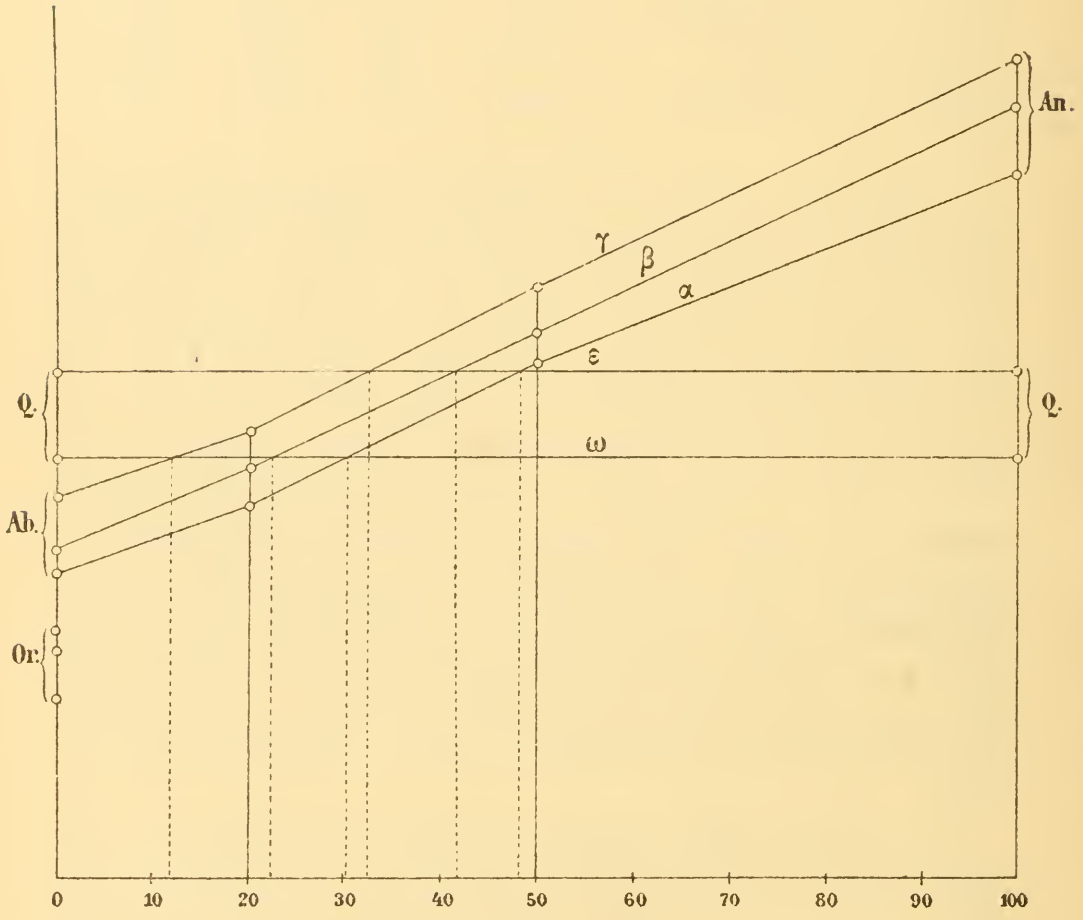


Fig. 3.

annähernd parallel auslöschen; man wird ferner die zwei Fälle auseinander halten, je nachdem der Sinn der Doppelbrechung in den gleichzeitig auslöschenden Durchschnitten gleich oder entgegengesetzt ist. Die Einfügung eines Gypsblättchens wird hierüber, so wie über die Orientirung von α' und γ' im Feldspath, ω und ε im Quarz Auskunft geben. Den ersten Fall wollen wir Parallelstellung nennen; je nach der Stellung, die wir dem

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Präparat gegen den Polarisator geben, können wir ω mit α' und ε mit γ' vergleichen. Im zweiten Fall, er mag Kreuzstellung heissen, wird man in der einen Stellung ω mit γ' in der um 90° verwendeten ε mit α' vergleichen können.

Eine Betrachtung der Figur 3 lehrt, dass man hienach in der ganzen Plagioklasreihe sechs Abtheilungen unterscheiden kann, die durch folgendes Schema charakterisirt sind:

	Parallelstellung		Kreuzstellung		Zusammensetzung
I. .	$\omega > \alpha'$	$\varepsilon > \gamma'$	$\omega > \gamma'$	$\varepsilon > \alpha'$	$Ab \ldots Ab_8An_1$
II. .	$\omega > \alpha'$	$\varepsilon > \gamma'$	$\omega = \gamma'$	$\varepsilon > \alpha'$	$Ab_8An_1 \ldots Ab_3An_1$ [1]
III. .	$\omega = \alpha'$	$\varepsilon > \gamma'$	$\omega < \gamma'$	$\varepsilon > \alpha'$	$Ab_3An_1 \ldots Ab_2An_1$ [2]
IV. .	$\omega < \alpha'$	$\varepsilon = \gamma'$	$\omega < \gamma'$	$\varepsilon > \alpha'$	$Ab_2An_1 \ldots Ab_3An_2$ [3]
V. .	$\omega < \alpha'$	$\varepsilon < \gamma'$	$\omega < \gamma'$	$\varepsilon = \alpha'$	$Ab_3An_2 \ldots Ab_1An_1$ [4]
VI. .	$\omega < \alpha'$	$\varepsilon < \gamma'$	$\omega < \gamma'$	$\varepsilon < \alpha'$	$Ab_1An_1 \ldots An$

Streng genommen würde zwischen III und IV noch eine Abtheilung einzuschalten sein, welche durch das Schema

Parallelstellung: $\omega < \alpha'$, $\varepsilon > \gamma'$; Kreuzstellung $\omega < \gamma'$, $\varepsilon > \alpha'$

charakterisirt wäre. Die Aufstellung dieser Abtheilung hätte aber keinerlei praktischen Werth, da die Zahl der in diese Abtheilung fallenden Mischungen eine sehr geringe ist, auch wohl die Curven kaum jenen Grad von Zuverlässigkeit haben, den eine so subtile Unterscheidung voraussetzen würde, endlich weil die Unterschiede $\omega < \alpha'$ und $\varepsilon > \gamma'$, welche diese Abtheilung von den benachbarten Abtheilungen III und IV trennen, so klein wären (1—1·5 Einheiten in der 3. Decimale), dass sie bereits an der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegen, so dass ich kaum glaube sie von den Charakteristiken $\omega = \alpha'$ und $\varepsilon = \gamma'$ trennen zu können, um so mehr als diese Gleichstellungen ja nicht in Strenge aufzufassen sind, sondern nur die Bedeutung von $\omega \gtrless \alpha'$ und $\varepsilon \gtrless \gamma'$ haben, also Gleichheit oder sehr geringe Unterschiede in der einen oder anderen Richtung aussagen sollen.

---

[1] Genauer 77·5 Ab+22·5 An.

[2] Genauer 70 Ab+30 An, bezüglich 67·5 Ab+32·5 An.

[3] Genauer 58 Ab+42 An.

[4] Genauer 52 Ab+48 An.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die so gewonnene Gliederung der Plagioklasreihe schliesst sich erfreulicher Weise recht gut an diejenige Eintheilung an, welche G. Tschermak in seiner bahnbrechenden Arbeit über die Feldspathgruppe[1] aufgestellt hat. Es entspricht nämlich:

Abtheilung I der Albit-Reihe
» II und III der Oligoklas-Reihe
» IV und V der Andesin-Reihe
» VI der Labradorit-, Bytownit- und Anorthit-Reihe.

Allerdings hat Tschermak, wie es scheint aus Gründen der gleichmässigeren Abgrenzung, später eine andere Eintheilung vorgeschlagen,[2] nämlich:

Ab	Albit
$Ab—Ab_3\ An_1$	Oligoklas
$Ab_3\ An_1—Ab_1\ An_1$	Andesin
$Ab_1\ An_1—Ab_1\ An_3$	Labradorit
$Ab_1\ An_3—An$	Bytownit
An	Anorthit

Allein diese Eintheilung ist nicht allgemein acceptirt worden und vielleicht spricht die praktische Möglichkeit, die alten Abtheilungen unter Umständen durch Untersuchung der Dünnschliffe zu erkennen, zu Gunsten der älteren Abgrenzung.

Ausser den systematischen Beobachtungen nach dem oben aufgestelltem Schema werden besondere Schnittlagen noch Anlass zu wichtigen Beobachtungen geben können. So würden Schnitte senkrecht zu einer der optischen Axen von Plagioklas, wenn sie an einen stark doppelbrechenden Quarz grenzen, eine Vergleichung von β mit ω und ε erlauben. Ebenso kann man an einem Durchschnitt das Verhältniss von ω zu α' und γ' ermitteln, wenn Plagioklaskörner an einen senkrecht zur Axe geschnittenen Quarz grenzen.

Es ist sonach möglich, durch Vergleich der Lichtbrechung in Dünnschliffen Albit, Oligoklas, Andesin und die kalkreicheren

---

[1] Chemisch-mineralogische Studien. I. Die Feldspathgruppe. Diese Berichte, L. Band, 1864.

[2] Lehrbuch der Mineralogie, 3. Aufl., S. 470.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Plagioklase zu unterscheiden, überdies noch zwischen saurem und basischem Oligoklas, saurem und basischem Andesin einen Unterschied zu machen. Es ist ein wunderlicher Zufall, dass die Methode gerade nur für jene Feldspathe brauchbar ist, die überhaupt in quarzhaltigen Gesteinen vorzukommen pflegen. Auch sonst ist die vorgeschlagene Methode beschränkt, da sie ausser der Association mit Quarz noch eine bestimmte Structur (die holokrystallinische) voraussetzt. Ich zweifle aber nicht, dass sie in den Fällen, wo sie brauchbar ist, bald vielseitige Anwendung finden wird; jedenfalls wird sie in vielen Fällen eine erwünschte Controle für die auf anderem Wege erfolgte Feldspathbestimmung ergeben.

Um diesen Vergleich zu erleichtern, dürfte vielleicht die nachfolgende Tabelle von Nutzen sein, welche das specifische Gewicht und die Auslöschungsschiefe auf P und M für die Grenzglieder der auf Grund der Lichtbrechung unterscheidbaren Reihen aufführt.

Die Zahlen für das specifische Gewicht wurden nach der von Tschermak[1] mitgetheilten Formel:

$$s = \frac{mp_1 + np_2}{mv_1 + nv_2}$$

neu berechnet. In derselben bedeutet s specifisches Gewicht, p_1 das Moleculargewicht, v_1 das Molecularvolum $\left(\frac{p_1}{s_1}\right)$ von Albit, p_2, v_2 dieselben Grössen für Anorthit, m und n die Molecularprocente von Albit, bezüglich Anorthit in der Mischung. Zur Berechnung des Moleculargewichtes wurden die von Ostwald[2] mitgetheilten Atomgewichte verwendet. Die Zahlen für das specifische Gewicht von Albit und Anorthit sind jene, welche Tschermak ermittelt hat.

$NaAlSi_2O_8$	$s_1 = 2 \cdot 624$	$p_1 = 263 \cdot 34$	$v_1 = 100 \cdot 3$
$CaAl_2Si_2O_8$	$s_2 = 2 \cdot 758$	$p_2 = 278 \cdot 96$	$v_2 = 101 \cdot 1$

[1] L. c.

[2] Ostwald, Lehrbuch der allgem. Chemie, I, 2. Aufl., 1891, S. 126.

	Lichtbrechung verglichen mit Quarz		Zusammensetzung	specifisches Gewicht	Auslöschungsschiefe	
	in Parallelstellung	in Kreuzstellung			auf P	auf M
Albit	$\omega > \alpha'$ $\varepsilon > \gamma'$	$\omega > \gamma'$ $\varepsilon > \alpha'$	Ab	2·624	+ 4° 30'	+19°
Saurer Oligoklas	$\omega > \alpha'$ $\varepsilon > \gamma'$	$\omega = \gamma'$ $\varepsilon > \alpha'$	$Ab_8 An_1$	2·640	+ 3 12	+13 49'
Basischer Oligoklas	$\omega = \alpha'$ $\varepsilon > \gamma'$	$\omega < \gamma'$ $\varepsilon > \alpha'$	$Ab_3 An_1$	2·659	+ 1 04	+ 4 36
Saurer Andesin	$\omega < \alpha'$ $\varepsilon = \gamma'$	$\omega < \gamma'$ $\varepsilon > \alpha'$	$Ab_2 An_1$	2 670	− 0 35	− 2 15
Basischer Andesin	$\omega < \alpha'$ $\varepsilon < \gamma'$	$\omega < \gamma'$ $\varepsilon = \alpha'$	$Ab_3 An_2$	2·679	− 2 12	− 7 58
Labradorit	$\omega < \alpha'$ $\varepsilon < \gamma'$	$\omega < \gamma'$ $\varepsilon < \alpha'$	$Ab_1 An_1$	2·693	− 5 10	−16
Bytownit			$Ab_1 An_2$	2·714	−12 28	−26
Anorthit			$Ab_1 An_6$	2·740	−27 33	−33 29
			An	2·758	−37	−36

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Auslöschungsschiefen sind der Tabelle entnommen, welche mein allzu früh verstorbener Freund Max Schuster[1] in den »Bemerkungen zu E. Mallard's Abhandlung: Sur l'isomorphisme des Feldspaths tricliniques« veröffentlicht hat.

Die eben erörterte Methode, die verschiedenen Plagioklasarten zu unterscheiden, wird schon seit einiger Zeit im mineralogischen Institut der Prager Universität geübt, und ich werde an anderer Stelle über die Resultate berichten, die sich beim Studium gewisser Massengesteine hiernach ergeben haben.

Um die Brauchbarkeit der Methode an einer grösseren Zahl mannigfaltiger Gesteine zu erproben, habe ich die Dünnschliffe durchgesehen, welche zu der von Stürtz in Bonn in Handel gebrachten Sammlung der Massengesteine nach Rosenbusch gehören, und deren Durchsicht mir mein hochgeschätzter College Prof. Laube, Vorstand des geologischen Instituts, freundlichst gestattete. Da die meisten dieser Gesteine in vielen anderen Sammlungen verbreitet sein dürften, glaube ich, dass eine Liste meiner Bestimmungen an denselben nicht ganz überflüssig sein dürfte.

Ein eigentlicher Albit mit der Charakteristik $\omega > \alpha'$, $\varepsilon > \gamma'$ $\omega > \gamma'$, $\varepsilon < \alpha'$ konnte in keinem der untersuchten Massengesteine nachgewiesen werden; in krystallinen Schiefern, in gewissen Pegmatiten, habe ich ihn öfter auf diesem Wege erkannt.

Dagegen fand sich ein saurer Oligoklas ($\omega > \alpha'$, $\varepsilon > \gamma'$ $\omega = \gamma'$, $\varepsilon > \alpha'$) in folgenden Schliffen:

Granit von Altweiher,
» » Greifenstein,
» » Rents (die äusseren Zonen der deutlich zonar struirten Plagioklase, die allein mit Quarz in Berührung kommen; die inneren Zonen basischer),
Granitit S. Fidelino,
» von Kleesberg
Amphibol-Biotit-Granit von Hohwald,
» » » » Jefferson,
» » » » Font. Laquiante,

[1] Mineral. und petrogr. Mitth., IV, S. 192 und 193, 1882.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Syenit von Biella,

» » Plauenscher Grund.

Basischer Oligoklas ($\omega = \alpha'$, $\varepsilon > \gamma'$, $\omega < \gamma'$, $\varepsilon > \alpha'$) fand sich in

Granit Georgtown,

Granitit von Andlau.

Saurer Andesin ($\omega < \alpha'$, $\varepsilon = \gamma'$, $\omega < \gamma'$, $\varepsilon > \alpha'$) konnte in mehreren Gesteinen nachgewiesen werden.

Amphibolgranit von Upsala,

Augit-Diorit von Schemnitz,

Quarz-Diorit von Neuntestein; die beiden letzteren besitzen Plagioklase mit ausgeprägter Zonenstructur. Die Bestimmung bezieht sich auf die äusseren Zonen; der Kern ist basischer.

Ein Schliff eines angeblichen Augit-Syenit von Monzoni (der Schliff enthält weder Augit, noch ist eine merkliche Menge von Orthoklas erkennbar; das Gestein entspricht vielmehr einem Diorit) lieferte Resultate, die auf einen Feldspath zwischen basischem Oligoklas und saurem Andesin führen.

Basischer Andesin ($\omega < \alpha'$, $\varepsilon < \gamma'$, $\omega < \gamma'$, $\varepsilon = \alpha'$) wurde gefunden im Diorit von Redwitz;

Labrador ($\omega < \alpha'$, $\varepsilon < \gamma'$, $\omega < \gamma'$, $\varepsilon < \alpha'$) im Norit von Harzburg.

Eine ähnliche Stellung wie der Quarz nimmt unter den mit Plagioklas vergesellschafteten Mineralen auch der Nephelin ein, dessen Brechungsexponenten ($\omega > \varepsilon$ wegen der negativen Doppelbrechung) beiläufig zwischen die von Oligoklas und Andesin fallen. Leider hat aber der Nephelin weder die constante Zusammensetzung, noch die constanten Brechungsquotienten, die den Quarz so vortheilhaft auszeichnen. Die Angaben schwanken von 1·539—1·5469 für ω und von 1·534 bis 1·5422 für ε. Aus den Beobachtungen, die ich an Dünnschliffen des Elaeolithsyenit von Ditro anstellte und welche ergaben:

Parallelstellung: $\varepsilon < \alpha'$, $\omega < \gamma'$ Kreuzstellung: $\varepsilon < \gamma'$, $\omega > \alpha'$,

lässt sich somit nur entnehmen, dass kein kalkreicher Plagioklas vorhanden sein kann. Es wäre sehr lehrreich, körnige Theralithe in dieser Hinsicht zu untersuchen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die der Arbeit beigelegten Photogramme sollen die bei den verschiedenen Einstellungen auftretenden Beleuchtungseffecte, die zur Erkennung der Lichtbrechungsunterschiede dienen können, illustriren; sie stellen eine und dieselbe Stelle eines Dünnschliffes aus den mikroklinreichen Randpartien des Tonalitkernes der Rieserferner in Tirol dar. Man bemerkt in der Mitte und unten grosse rundliche Körner von Mikroklin; links und oben sind Körner von Quarz zu sehen, dazwischen liegt ein körniges Gemenge von kleinen Mikroklinkörnern, Plagioklas und Biotit. In den Rand der grossen Mikroklinkörner sind rundliche zapfenartige Partien eingesenkt, die aus Quarz und Plagioklas in mikropegmatitischer Verwachsung bestehen. Im mittleren Mikroklin liegt in der Mitte ein Quarzkorn, ferner treten darin feine mikroperthitische Plagioklasspindeln auf. In diesem Gestein hat der Plagioklas nur sehr geringe Unterschiede gegen Quarz aufzuweisen; er steht zwischen Oligoklas und Andesin; der Unterschied der Lichtbrechung kommt in den Photogrammen nicht zur Geltung.

Fig. 1 zeigt das Bild bei Hochstellung des Tubus; die Quarzeinschlüsse, die Mikropegmatitzapfen im Mikroklin, erscheinen zart hell umrandet, die feinen Mikroperthitspindeln erscheinen als helle Linien; man beachte insbesondere auch das hell erleuchtete Zirkonsäulchen im Quarz links unten.

Fig. 2 zeigt das Bild bei tiefer Einstellung des Tubus; nun erscheint allenthalben der Rand des Mikroklin hell gesäumt, die Mikropegmatitzapfen, das Quarzkorn erscheinen dunkel umrandet, die Mikroperthitspindeln heben sich als dunkle Striche ab, das Zirkonsäulchen erscheint dunkel auf hellem Grunde.

Fig. 3 zeigt dieselbe Stelle; die Lichtquelle ist nach rechts gerückt; das Quarzkorn, die Mikropegmatitzapfen scheinen, von rechts erleuchtet, sich reliefartig vom Orthoklasgrund abzuheben, die Mikroperthitspindeln treten plastisch hervor; auch das Zirkonsäulchen lässt die einseitige Beleuchtung von rechts her erkennen. Dieselbe Beleuchtung tritt ein, wenn man im Mikrorefractometer von Exner die Randstrahlen oberhalb des Oculars durch einen von rechts vorgeschobenen Schirm abfängt.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 4 zeigt endlich dieselbe Stelle im polarisirten Lichte zwischen gekreuzten Nicols.

Am klarsten treten die Unterschiede hervor, wenn man die drei kleinen Mikroklinkörner betrachtet, die im Mikropegmatitzapfen eingewachsen sind. Sie sind schwächer lichtbrechend als ihre Umgebung (Plagioklas und Quarz). In Fig. 1 erscheinen sie dunkler, in Fig. 2 heller als die Umgebung. In Fig. 3 machen sie den Eindruck von Löchern, wofern man Lichteinfall von rechts festhält; in Fig. 4 erscheinen sie von derselben Helligkeit wie der umgebende Mikroklin.

Bemerkenswerth ist noch, dass der Mikroklin in allen Bildern eine deutlich chagrinirte Oberfläche erkennen lässt. Es ist das ein »negatives Relief«, welches bei starker Blendung zustande kommt, wenn schwächer lichtbrechende Durchschnitte von stärker lichtbrechenden Medien eingehüllt werden. Die Minerale der Sodalithgruppe, Fluorit u. A. zeigen bei Einbettung in Canadabalsam dieses negative Relief sehr deutlich.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. I.

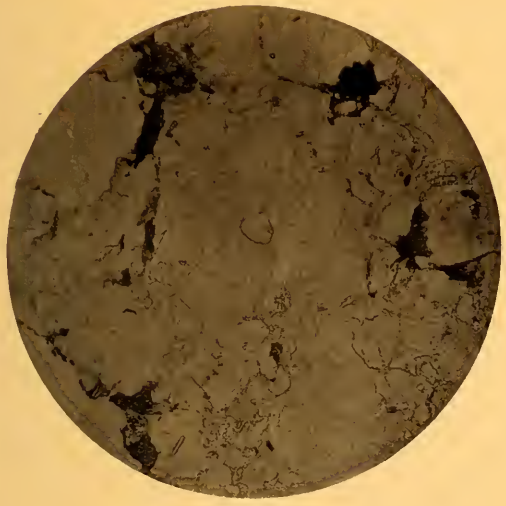
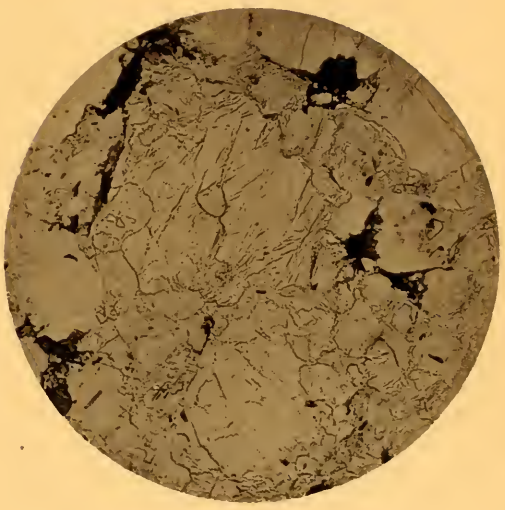


Fig. II.



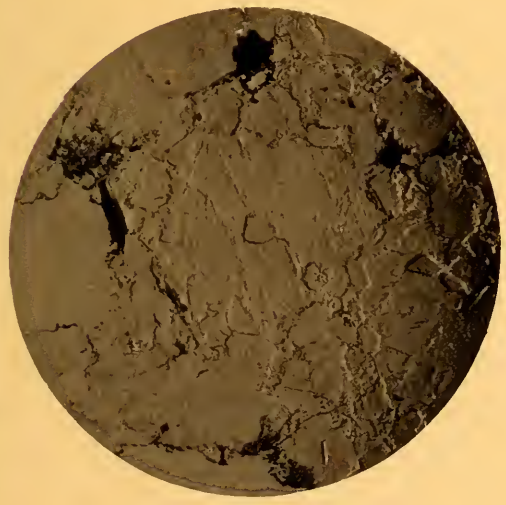


Fig. III.

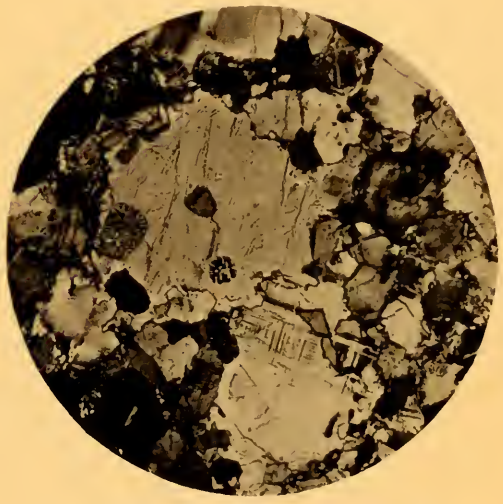


Fig. IV.

Lichtdruck von Max Jaffé, Wien.